

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 485 473

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 14038**

(54) Installation de conditionnement d'air pour avions.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). B 64 D 13/08.

(22) Date de dépôt..... 24 juin 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 53 du 31-12-1981.

(71) Déposant : INTERTECHNIQUE, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Raymond Boutteville et Jean-François Higoumet.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

D Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

- 1 -

SYSTEME DE REGULATION POUR
INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT D'AIR
POUR AVIONS

La présente invention a pour objet un système de régulation pour une installation de conditionnement d'air pour avions, permettant de régler la température de l'air en au moins une zone de la cellule de l'avion. L'invention trouve une application particulièrement importante, bien que non exclusive, dans les avions gros porteurs de transport de passagers, dont la cabine a des dimensions telles qu'elle doit être répartie en plusieurs zones munies d'aménées d'air distinctes et de moyens de mesure de température également distincts.

On connaît déjà une installation de conditionnement d'air pour avions permettant de régler la température de l'air en au moins une zone de la cellule, comprenant une source d'air chaud sous pression, une source froide qui fournit de l'air refroidi à partir de l'air chaud fourni par la source chaude, et, pour chaque zone, un mélangeur d'air provenant de la source chaude et de la source froide qui débouche dans la dite zone ainsi qu'un capteur de température pour chaque zone.

Une installation existante de ce genre utilise actuellement, pour régler les débits et les températures, des vannes actionnées par un moteur électrique à courant continu ou à courant alternatif commandé de façon analogique. Cette installation oblige à

- 2 -

prévoir sur les vannes des capteurs individuels de position et/ou de vitesse, d'où une complication du système. De plus les moteurs à courant continu ou alternatif utilisés ont des performances peu satisfaisantes, du point de vue de l'inertie, des retards à la commande, et des jeux au renversement notamment.

L'invention vise à fournir une installation répondant mieux que celles antérieurement connues aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle est de constitution simple, de fonctionnement fiable et de performance améliorée.

Dans ce but l'invention propose notamment un système de régulation du genre ci-dessus défini qui comprend un calculateur numérique muni d'un affichage de température de consigne dans la zone ou dans chaque zone, associé au capteur de température dans la zone ou dans chaque zone et déterminant la température de l'air à admettre dans la zone ou chaque zone en fonction de la différence entre la température réelle dans la zone et la température désirée, une vanne pas à pas commandée en vitesse par des impulsions provenant du calculateur et réglant la température de sortie de la source froide, et une seconde vanne par zone placée sur une arrivée de la source chaude au mélangeur correspondant à la zone, chacune des secondes vannes étant également commandée en vitesse par des impulsions fournies par le calculateur numérique.

Lorsque plusieurs zones sont prévues, ce qui sera le cas habituel sur un avion de transport

de passagers, le calculateur déterminera la température à donner à l'air provenant de la source froide en fonction de la température de consigne dans une zone qu'il privilégie. En général, ce sera la température la plus basse à réaliser ou la température d'une zone préférentielle (par exemple la cabine en cas de régulation simultanée en cabine et en soute). Le calculateur commandera la vanne réglant la température de sortie de la source froide, placée sur une conduite en dérivation sur un groupe de refroidissement qui la constitue et comporte avantageusement un échangeur de chaleur avec de l'air atmosphérique.

Le calculateur comprend avantagéusement un convertisseur analogique / _____ numérique unique _____ et des moyens pour échantillonner par cycles les capteurs de température de zone et d'air admis dans la zone. Les signaux analogiques fournis par les capteurs sont appliqués aux convertisseurs par l'intermédiaire d'un multiplexeur.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, de deux modes particuliers de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels la figure 1 et la figure 2 sont des schémas de principe montrant chacun l'un des modes de réalisation.

L'installation montrée en figure 1 est destinée à maintenir les températures $T_{11}, \dots, T_{1i}, \dots, T_{1n}$ dans n zones d'une enceinte 10 qu'on supposera constituée par une cellule d'avion, à des valeurs de consigne

5 ajustables $\theta_{11}, \dots, \theta_{1i}, \dots, \theta_{1n}$.

Le dispositif comporte une source d'air chaud 11 qui fournit de l'air sous une pression supérieure à celle qui règne dans l'enceinte 10 et à une température supérieure à toutes les températures θ , mais toutefois limitée pour éviter les températures excessives. Cette source chaude 11 peut être constituée par un prélèvement d'air sur le premier étage du compresseur d'un turbo-réacteur de l'avion et un pré-refroidisseur ramenant la température de l'air à une valeur acceptable par les organes placés en aval. Une vanne V_1 permet de régler le débit de sortie de la source d'air chaud 11.

La sortie de la vanne V_1 alimente d'une part un groupe 12 constituant source d'air froid 20 et d'autre part des piquages d'air chaud en nombre n égal à celui des zones à réguler. Chaque piquage est muni d'une vanne $V_{21}, \dots, V_{2i}, \dots, V_{2n}$. Une conduite 13 en dérivation sur la source froide 12 est munie d'une vanne de réglage V_3 . La source 12 comporte typiquement 25 un échangeur et une turbine de détente. L'échangeur est refroidi par de l'air atmosphérique dont l'entrée et la sortie sont munies de volets 35 et 36 de réglage du débit d'air commandés en même temps que la vanne V_3 .

Le mélange des débits sortant de la source 30 froide 12 et sortant de la vanne V_3 est admis à température T_3 dans un collecteur de distribution 14

- 5 -

raccordé à des conduites $15_1, \dots, 15_i, \dots, 15_n$ d'alimentation des diverses zones.

Un système 16 de mélange d'air froid et d'air chaud comprend, pour chaque zone, un raccordement entre la conduite 15 et le débouché de la vanne V_2 correspondante et une gaine. Chaque gaine $17_1, \dots, 17_i, \dots, 17_n$ alimente la zone correspondante et comporte une sonde de température de gaine qui fournit la température $T_{21}, \dots, T_{2i}, \dots, T_{2n}$ de l'air admis dans la zone correspondante 1, ..., i, ..., n.

Une sonde d'ambiance placée dans chaque zone y mesure la température $T_{11}, \dots, T_{1i}, \dots, T_{1n}$.

L'unité de gestion de l'installation fonctionne de façon numérique. Elle comprend un calculateur dont l'unité centrale de calcul 18 est avantageusement un micro-processeur, associé à des mémoires désignées dans leur ensemble par 19. Ces mémoires comprennent une mémoire morte de stockage du programme de fonctionnement et des mémoires vives de travail et d'affichage des valeurs de consigne des températures dans les différentes zones. Chacune des sondes de température, ainsi éventuellement qu'un capteur 20 fournissant une indication sur le débit de sortie de la source chaude, attaque, par l'intermédiaire d'un multiplexeur 21, un convertisseur analogique-numérique 22. Une horloge 23 fournit au micro-processeur 18 et au multiplexeur 21 des signaux de cadencement. Elle fixe notamment la période de scrutation des sondes de température et de débit. Dans la pratique, on sera généralement amené à adopter une période de scrutination nettement plus courte pour les sondes placées sur les alimentations en air (de l'ordre du dixième de seconde par exemple) que pour les sondes de température four-

- 6 -

nissant les températures de zone (de l'ordre de la seconde par exemple). En effet, les constantes de temps de régulation sont nettement différentes dans les deux cas.

5 Les signaux de sortie du processeur sont constitués par des mots comprenant chacun l'adresse d'une vanne particulière et une information de réglage, représentative d'une fréquence. Les ordres de réglage, représentés par exemple par un nombre de 10 16 bits , sont appliqués à une batterie de compteurs programmables 24 adressables indépendamment. Chacune des vannes V_3 , V_{21} , ..., V_{2n} est associée à l'un des compteurs. A chaque cycle d'échantillonnage et de calcul, si le microprocesseur envoie un signal de commande non nul à un compteur, celui-ci fournit immédiatement 15 un nombre d'impulsions correspondant à son contenu à la vanne correspondante, par l'intermédiaire d'un circuit de puissance 25, tel qu'un montage Darlington. Les vannes V_3 , V_{21} , ..., V_{2n} sont commandées par des 20 moteurs pas à pas au moins triphasés, en général triphasés ou téraphasés. Ces vannes sont commandées en vitesse, c'est à dire qu'une vanne déterminée aura une vitesse d'ouverture ou de fermeture proportionnelle au nombre d'impulsions reçues du compteur. Celui-ci distribue alternativement et selon un ordre déterminé des impulsions aux trois enroulements du moteur de la vanne, 25 dans le cas d'un moteur triphasé. Les volets 35 et 36 sont commandés de la même façon par des moteurs à pas commandés en même temps que la vanne V_3 suivant un programme d'optimisation stocké 30 en mémoire et permettant de minimiser la traînée aérodynamique de l'avion et les prélèvements d'air. Le fonctionnement de l'installation qui vient d'être décrite est le suivant : à chaque cycle d'échantillonnage complet, l'unité de calcul 18 reçoit des signaux représentatifs des températures :

- 7 -

$$\begin{aligned} T_{11}, \dots, T_{1i}, \dots, T_{1n}, \\ T_{21}, \dots, T_{2i}, \dots, T_{2n}, \\ T_3 \end{aligned}$$

Ces signaux sont élaborés par des sondes comportant une thermistance montée dans un pont de mesure. Le signal analogique fourni par chaque sonde est mis sous forme numérique par le convertisseur A/N 22. Le convertisseur étant coûteux, il est multiplexé de façon que l'installation n'en comporte qu'un seul, avec éventuellement un second convertisseur en secours.

En fonction de ces données et des températures de consigne désirées dans les zones, l'unité de calcul va élaborer les ordres nécessaires et les envoyer aux vannes de régulation.

L'unité de calcul détermine d'abord les températures de consigne $\theta_{21}, \dots, \theta_{2i}, \dots, \theta_{2n}$ de l'air à souffler par les gaines $17_1, \dots, 17_i, \dots, 17_n$ pour ramener les températures dans les différentes zones aux valeurs désirées.

L'unité de calcul détermine ensuite la zone à privilégier. On supposera qu'il s'agit de celle pour laquelle la valeur θ_2 est la plus basse. En fonction de la valeur θ_{2i} correspondante, l'unité de calcul détermine la valeur de consigne θ_3 de T_3 , qui permettra d'atteindre cette température avec la vanne V_{2i} fermée. Puis l'unité de calcul détermine l'ordre à fournir à V_3 pour obtenir la valeur θ_3 . L'ordre de commande comportera un terme proportionnel à $T_3 - \theta_3$ et éventuellement des termes dérivée et intégrale pour assurer la stabilisation de la régulation.

Les volets 35 et 36 permettent d'obtenir une valeur de la température T_3 .

- 8 -

à la sortie de l'échangeur qui se traduit par un débit minimum d'apport d'air chaud. L'optimisation est faite par le calculateur qui commande les moteurs de vérin de volet en même temps que la vanne V_3 .

5

De plus, l'unité de calcul peut commander la vanne V_1 de limitation de débit en fonction des indications fournies par le capteur 20, de façon à minimiser l'énergie prélevée tout en respectant les impératifs 10 de régulation et de pressurisation dans les zones. Enfin l'unité de calcul réalise la commande des vannes V_2 autres que celle qui doit être fermée, à une vitesse comportant un terme proportionnel à $T_2 - \theta_2$. La variante de réalisation montrée en figure 2 est destinée à assurer la régulation en trois zones 15 d'une cabine d'avion. Les organes qui correspondent à ceux déjà représentés sur la figure 1 portent le même numéro de référence pour plus de simplicité.

L'installation de la figure 2 se différencie essentiellement de celle de la figure 1 en ce qu'elle 20 comporte deux sources froides 26 et 27 ayant chacune un groupe 12 muni de volets et une vanne V_3 . La sortie des deux groupes débouche dans un collecteur 14 conçu de façon qu'en fonctionnement normal la source 26 alimente essentiellement la zone 1, tandis que la source 27 alimente 25 essentiellement les zones 2 et 3. Toutefois, en cas de panne de l'une des sources, l'autre peut alimenter l'ensemble des zones.

Les sources chaudes peuvent avoir l'une et l'autre la constitution montrée schématiquement sur la 30 figure 2 : l'air nécessaire est prélevé en 28 et 29 sur des étages successifs du compresseur d'un turboréacteur 30. Lorsque le régime du turboréacteur est suffisant, le prélèvement s'effectue sur l'étage le plus bas par l'intermédiaire d'un clapet anti-retour 31. Une vanne à commande automatique 32 permet de commuter l'alimentation 35 sur l'étage placé en aval en cas de baisse de régime.

- 9 -

L'air ainsi prélevé est envoyé à un prérefroidisseur 33 qui comporte habituellement un échangeur balayé par de l'air provenant d'un piquage 34 derrière le premier étage de compresseur. Une régulation sommaire 5 est prévue pour limiter la température de sortie de l'échangeur 33 à une valeur qui est typiquement égale à 200°C.

L'ensemble de la régulation ultérieure peut être identique à celle qui a déjà été décrite.

10 L'emploi d'une unité centrale de calcul numérique présente de nombreux avantages. En particulier, on peut aisément prévoir une unité comprenant deux micro-processeurs, dont l'un est en fonctionnement, l'autre en attente à l'état actif, de façon à se 15 substituer immédiatement au premier en cas de panne. L'unité centrale de calcul peut comporter un programme d'auto-surveillance, qui permet de vérifier en permanence le bon fonctionnement du système et de chacun de ses composants, ainsi que la compatibilité entre les 20 états des divers composants. L'unité de calcul peut avoir également des fonctions supplémentaires, par exemple la régulation de débit et de température de la source chaude 11, la régulation des pressions dans la cabine et en soute, la gestion des alarmes, l'alimentation en oxygène des masques de passagers en cas 25 de dépressurisation, la surveillance du degré hygrométrique dans la cabine, etc.

- 10 -

Revendications

1 - Système de régulation pour _____

installation de conditionnement d'air pour avion, permettant de régler la température de l'air en au moins une zone de la cellule de l'avion, comprenant une source d'air chaud sous pression, une 5 source froide qui fournit de l'air refroidi à partir de l'air chaud fourni par la source chaude et, pour chaque zone, un mélangeur d'air provenant de la source chaude et d'air provenant de la source froide qui débouche dans la dite zone, ainsi qu'un capteur de température dans la zone, installation caractérisée en ce 10 qu'elle comprend un calculateur numérique muni d'un affichage de température de consigne dans la zone ou dans chaque zone, associé au capteur de température dans la zone ou dans chaque zone et déterminant la température de l'air à admettre dans la zone ou chaque zone en fonction de la différence entre la température réelle dans la zone et la température désirée, une vanne pas à pas 15 commandée en vitesse par des impulsions provenant du calculateur et réglant la température de sortie de la source froide, et une seconde vanne par zone, placée sur une arrivée de la source chaude au mélangeur correspondant à la zone, chacune des secondes vannes étant 20 également commandée en vitesse par des impulsions fournies par le calculateur numérique.

25 2 - Système suivant la revendication 1 destiné à régler la température dans plusieurs zones, caractérisé en ce que le calculateur est prévu pour déterminer la température à donner à l'air provenant de la source froide en fonction de la température de 30 consigne dans une zone déterminée, typiquement dans la zone où il faut souffler l'air le plus froid.

35 3- Système suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le calculateur commande la dite vanne réglant la température de sortie de la source froide et placée sur une conduite en dérivation sur un

groupe de refroidissement comportant avantagusement un échangeur de chaleur.

4 - Système suivant la revendication 3, caractérisé en ce que le dit échangeur est muni de volets d'air de réglage du débit d'air de refroidissement, volets qui sont actionnés par des moteurs pas à pas commandés par le calculateur en même temps que la vanne réglant la température de sortie de la source froide suivant un programme d'optimisation.

5 10 15 20 25 5 - Système suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le calculateur comprend un convertisseur analogique-numérique, des moyens pour échantillonner par cycles les capteurs de température de zone et de température d'air admis dans les zones et appliquer les signaux de mesure correspondant au convertisseur par l'intermédiaire d'un multiplexeur, et une unité centrale de calcul fournissant des signaux de commande des vannes sous forme d'impulsions qui sont stockés dans des compteurs programmables, et des organes de puissance destinés à commander les vannes en fonction du contenu des compteurs.

6 - Système suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les cycles d'échantillonnage ont une période de scrutation plus courte pour les sondes de température de zone.

Fig.1.



